

# Molekularbiologische Methoden in der Rekonstruktion der Besiedlung Australiens

von Sophie Marie Kleverbeck und Dr. Monika Pohlmann



© Buenaventuramariano/iStock/Getty Images Plus

In dieser Einheit schlüpfen die Schüler, angestoßen durch die Forschungsfrage: „Wie verlief die prähistorische Besiedlung Australiens durch die Vorfahren der heutigen Urbevölkerung, der Aborigines?“ in die Rolle von Wissenschaftlern. Angelehnt an die echte Forschung müssen die Schüler auf ihrem Weg zur Problemlösung molekulargenetische Analysemethoden anwenden und ihre kommunikativen Kompetenzen schulen. Es wird besonders die Arbeit im kleinen Team gefördert sowie das Präsentieren im Plenum. Die Übungsaufgaben zum Thema „Wer ist der Täter?“ fokussieren auf modernes DNA-Profilung. Damit wird der Anwendungsbereich der molekularbiologischen Techniken erweitert über die Enträtselung von Verwandtschaftsbeziehungen, prähistorischen Wanderwegen bis hin zur aktuellen Forensik. Die Übungsaufgaben fordern den handelnden Umgang mit Wissen und prüfen das erreichte Kompetenzniveau.

# Molekularbiologische Methoden in der Rekonstruktion der Besiedlung Australiens

Niveau: weiterführend, vertiefend

von Sophie Marie Kleverbeck und Dr. Monika Pohlmann

Methodisch-didaktische Hinweise	1
M 1: Aborigines – die Urbevölkerung Australiens	3
M 2: Genetische Besonderheiten mitochondrialer DNA	4
M 3 Vermehrung von mtDNA und Flaschenhals-Effekt	5
M 4/5: DNA-Klonierung und – Sequenzierung	6
M 6: Gelelektrophorese	11
M 7: Vergleich von mtDNA aus Haarproben	13
M 8/9: Rekonstruktion der Besiedlung Australiens	15
M 10: Übungsaufgaben zum DNA-Profilung	19
Lösungen	22
Literaturverzeichnis	36

# Molekularbiologische Methoden in der Rekonstruktion der Besiedlung Australiens

## Methodisch-didaktische Hinweise

Nach der nicht unumstrittenen „Out-of-Afrika“ Theorie zogen Gründerpopulationen des modernen Menschen von Afrika kommend in die gesamte Welt. Über den Nahen Osten und Ostasien breitete sich Homo sapiens vor ca. 40.000–50.000 Jahren nach Südostasien und Australien aus. Die genetische Diversität heutiger Bevölkerungsgruppen bezieht sich nur auf unbedeutende Unterschiede z. B. Hautfarbe oder Haarstruktur und ist als jeweils lokale Anpasstheit entstanden. Molekularbiologische Untersuchungen der mitochondrialen DNA (mtDNA) zeigen, dass die genetische Vielfalt in Afrika am größten ist. Dieser wichtige Befund unterstützt die Theorie, dass die Menschheit auf dem afrikanischen Kontinent ihren Ursprung hat.

Analysen der mtDNA belegen, dass die Besiedlung Australiens in einer zweiten Expansionswelle erfolgte, nachdem klimatische Veränderungen die Überquerung des Roten Meeres begünstigten. Das heutige Neuguinea und Australien bildeten einmal einen zusammenhängenden Kontinent (Sahul), jedoch verschwanden ehemalige Landwege nachdem der Meeresspiegel wieder stieg. Die ursprüngliche Siedlergruppe, die Australien erreicht hatte, war abgeschnitten und verteilte sich über den Kontinent. Mitochondriale Befunde und geographische Erkenntnisse verdeutlichen, dass sich die Besiedlung Australiens vor 45.000–49.000 Jahren von Norden über die Ost- und Westküsten nach Süden vollzog. Die migrierenden Stämme der Urbevölkerung grenzten sich stark voneinander ab. Dazu mögen unterschiedliche kulturelle Gepflogenheiten und Traditionen beigetragen haben. Damit war Regionalismus vorherrschend. Die Ureinwohner Australiens waren sehr orts- und naturverbunden und blieben größtenteils bis in die jüngste Vergangenheit in ihren jeweiligen Heimatregionen. DNA-Sequenzierungen der mtDNA von 111 Haarproben von Mitgliedern der großen Bevölkerungsgruppen heute lebender Aborigines trugen erheblich dazu bei, den geographischen Ursprung der verschiedenen Stämme und ihre verwandtschaftlichen Beziehungen aufzuklären. Entscheidend dafür waren molekularbiologische Vergleiche von mtDNA-Sequenzen. Über die mütterliche Linie konnten fünf genetische Großgruppen (S, O, M, P und R) identifiziert werden. Nur ein kleiner Teil der DNA, 37 Gene, ist in den Mitochondrien gespeichert, diese DNA ist für den Organismus lebenswichtig. Alle anderen Gene wurden im evolutiven Prozess einer fortschreitenden Endosymbiose in den Zellkern der Wirtszelle verlagert. Mitochondrien haben ein eigenes Translationssystem und der mitochondriale genetische Code zeigt Abweichungen vom (fast) universalen genetischen Code. Durch den Vergleich von Mutationen in Standardsequenzen können menschliche Verwandtschaftsbeziehungen rekonstruiert werden. Dass

## M 1 Aborigines – die Urbevölkerung Australiens



© Thinkstock



© Colourbox

Die Aborigines (engl. Ureinwohner) stellen die Urbevölkerung Australiens dar. Sie besiedelten vor knapp 50.000 Jahren den Kontinent Australien. Diese Ureinwohner sind kein einheitliches Volk. Vor der Ankunft der Briten in Australien gab es dort zwischen 400 und 700 verschiedene Stämme mit sehr unterschiedlichen Sitten und Sprachen. Die meisten Clans lebten als Jäger und Sammler.

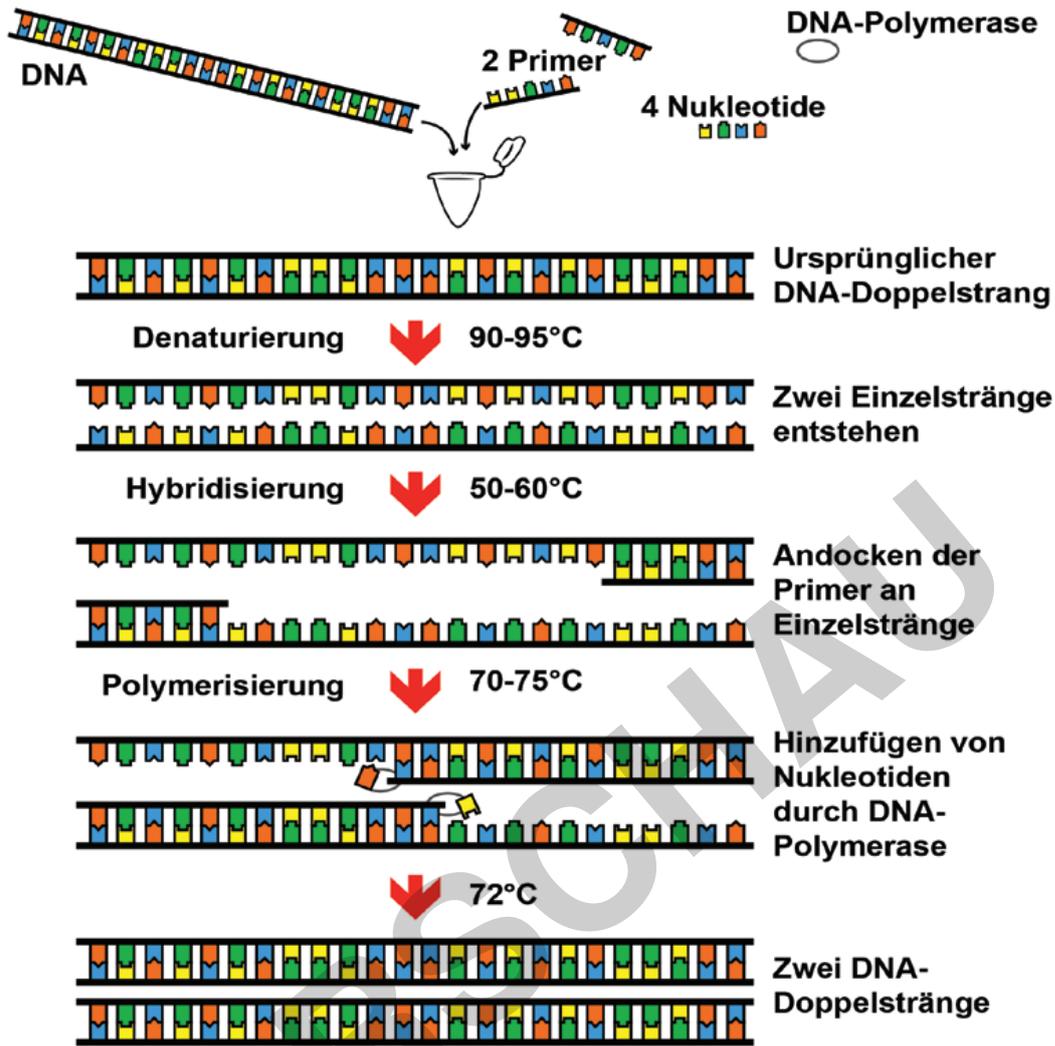
Mit der Ankunft der Europäer im Jahr 1788 nahm die einheimische Bevölkerung von 300.000 bis 1.000.000 Menschen auf nur rund 60.000 im Jahr 1920 ab. Die Ursachen waren eingeschleppte Krankheiten, aber auch gewaltsame Auseinandersetzungen der europäischen Siedler um Landrechte. Heute leben drei Viertel der knapp 500.000 Aborigines in Städten und haben sich der modernen Lebensweise weitgehend angepasst.

### Aufgaben

Forschungsfrage: „Wie verlief die prähistorische Besiedlung Australiens durch die Vorfahren der heutigen Urbevölkerung, der Aborigines?“

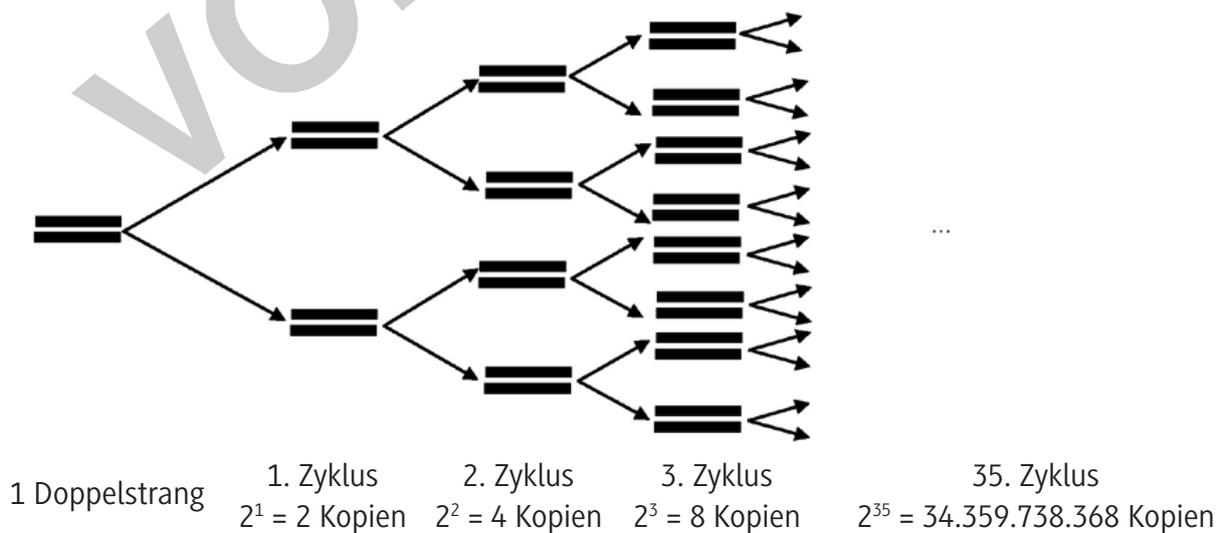
1. Notieren Sie stichpunktartig, was Forscher zur Beantwortung dieser Frage wissen müssen.
2. Erstellen Sie zur Forschungsfrage eine zweifarbige Mindmap, in der Sie darstellen, was Sie schon wissen, und was Sie noch lernen möchten.
3. Vergleichen Sie Ihre Mindmap mit der Ihres Lernpartners, ergänzen Sie bei Bedarf. Stellen Sie gemeinsam Hypothesen auf, wie frühzeitliche Wanderungen und Besiedlungen in Australien verlaufen sein könnten. Nutzen Sie bei Bedarf die Landkarte von Australien.





Polymerasekettenreaktion (PCR)

Grafik: Sylvana Timmer

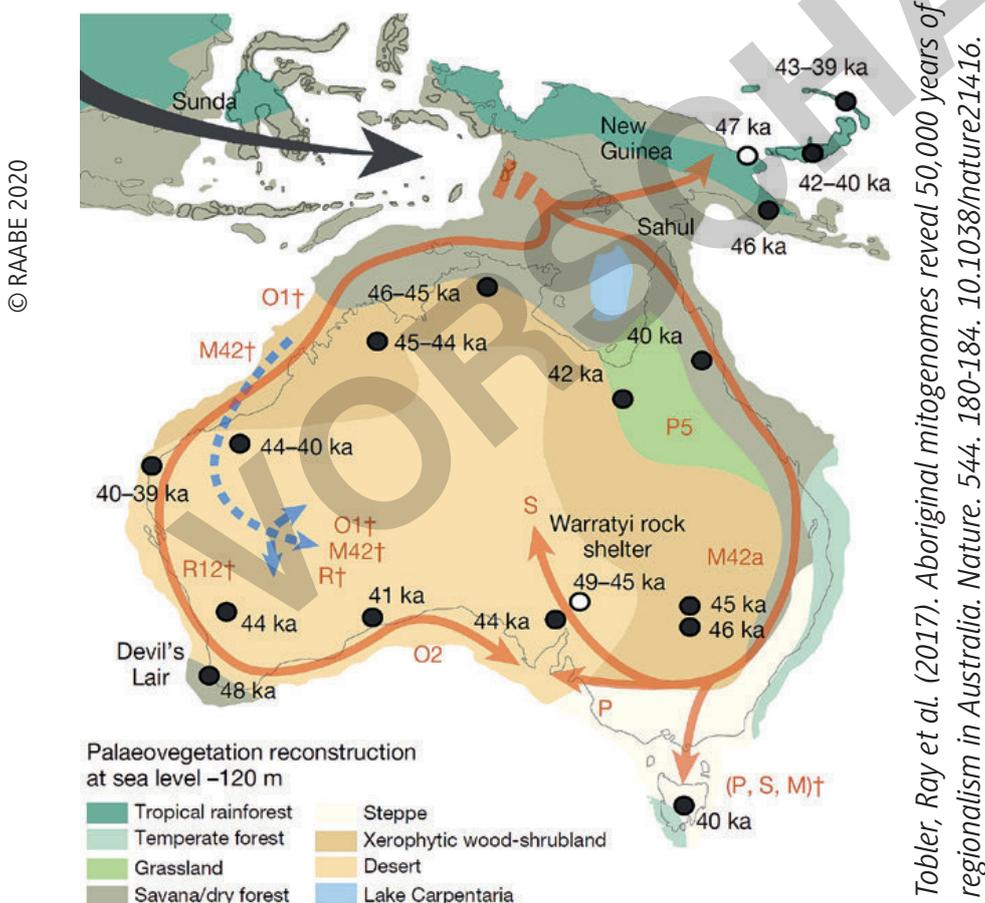


Exponentielle DNA-Klonierung

## M 9 Rekonstruktion der frühen Besiedlung Australiens

Der Laborleiter stellt die Ergebnisse der Haarprobenanalyse in Zusammenhang mit dem bisherigen Forschungsmodell:

„Die aktuellen phylogenetischen Daten der großen Gruppen der heutigen Ureinwohner Australiens stimmen mit bisherigen Vorstellungen einer küstennahen Erstkolonisierung Australiens überein. Die Modelle besagen, dass die ersten Menschen Sahul von Norden her besiedelten. Sie wanderten über die West- und Ostküsten in Richtung Süden. Die Daten zweier Populationen könnten ein Aufeinandertreffen von Gruppen in Südaustralien widerspiegeln. Die Diversität und Gruppenspezifität der mitochondrialen Genome von Aborigines deuten darauf hin, dass die verschiedenen Populationen große Umweltveränderungen, wie die letzte große Eiszeit, ohne große Wanderungen überlebt haben. Die mitochondriale DNA gibt uns Hinweise, dass es vermutlich keinen Flaschenhalseffekt gab. Dies bedeutet, dass zahlreiche Populationen überlebten und lokale Refugien fanden.“



Wanderrouten der Urbevölkerung und Vegetation Australiens vor 50.000 Jahren

(ka = 1000 Jahre)

## M 10 Übungsaufgaben: DNA-Profilung

### Aufgaben

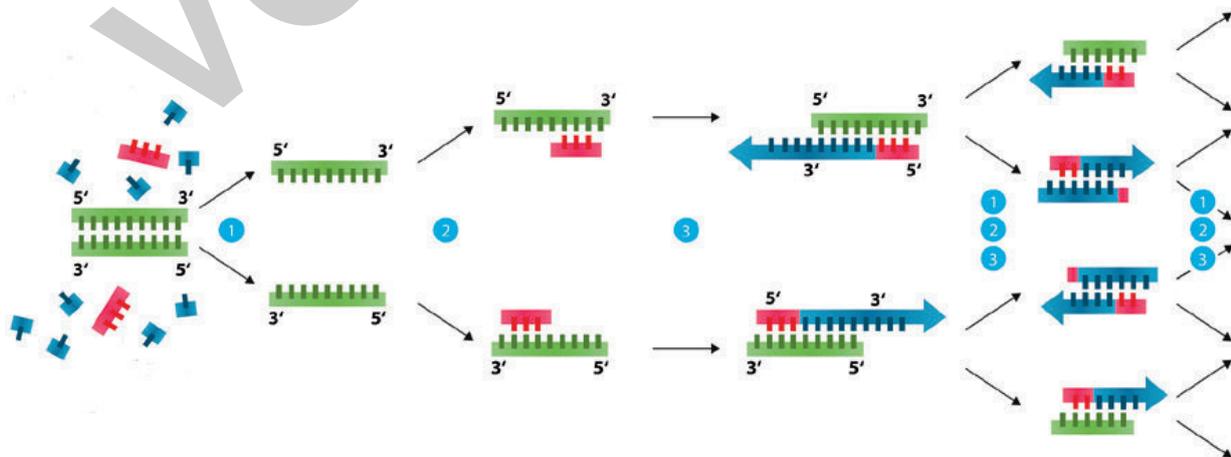
Ein Diebstahl wurde gemeldet. **Wer ist der Täter?** Die Spurensicherung ergab, dass sich der Einbrecher an einem Fenstersplitter verletzte und so ein wenig Körpergewebe am Tatort hinterließ. Als Forensiker legen Sie den Ermittlern Ihren Plan für die Überführung des Täters dar:

„Da Gewebeproben der Haut und des Blutes des Täters (SB 1) sowie Proben von Verdächtigen (SB 2–5) vorliegen, werden diese zur Erstellung von **genetischen Fingerabdrücken** herangezogen. Durch **DNA-Profilung** bestimmen wir im Idealfall den wahren Täter!“

1. Erläutern Sie im Zusammenhang mit dieser modernen Form der Täter-Identifizierung die Notwendigkeit des Einsatzes der **PCR-Methode** (M 10a). Beschreiben Sie den Ablauf präzise und beschriften Sie das Schema.
2. Schreiben Sie zu Ihrem DNA-Profilung einen Bericht. Begründen Sie darin den Einsatz der verwendeten Methoden: **DNA-Sequenzierung** und **Southern Blotting** (M 10b). Werten Sie die **Autoradiogramme** (M 10c) der Verdächtigen aus. Erklären und begründen Sie Ihre Entscheidung genau.
3. Nennen Sie wesentliche Besonderheiten der **mtDNA** und erläutern Sie Vor- und Nachteile von genetischen Analysen auf der Basis von mtDNA.
4. Stellen Sie begründete Vermutungen an, warum sich alternativ zu mtDNA-Analysen **nicht-codierende Bereiche der Zellkern-DNA** besonders gut eignen, um Verwandtschaftsbeziehungen zu bestimmen.

© RAABE 2020

### M 10a Polymerase-Kettenreaktion – Ablaufschema



wikimedia Commons/Enzoklop/CC BY-SA 3.0